

CELDA DIDACTICA DE MANUFACTURA FLEXIBLE

Luis María Arrién, Guillermo Alfredo Santillán, Raúl Alberto Rikal

*Área Mecánica, Dpto. Ing. Electromecánica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Av. Del Valle 5737 – B7400JWI - Olavarría, Argentina
e-mail: lmarrien@fio.unicen.edu.ar; gsantill@fio.unicen.edu.ar; rrikal@fio.unicen.edu.ar
TEL/FAX: 02284 – 451055/56*

RESUMEN

La incorporación creciente de nuevas tecnologías de información y comunicación en las automatizaciones industriales obliga a crear profesionales con una formación cada vez más multidisciplinaria. el desarrollo, uso y mantenimiento de estos sistemas complejos requiere conocimientos de electricidad, mecánica, electrónica, robótica, ingeniería computacional y de procesos.

En este artículo se presenta el diseño y montaje de una celda de manufactura flexible (CMF) con fines didácticos, adecuada para la formación de grado y capacitación de personal técnico del ámbito industrial con el objetivo de lograr una exitosa inserción en el dinámico y competitivo mercado laboral actual.

La celda está compuesta por una máquina herramienta de control numérico, un brazo robot, cintas transportadoras, alimentadores, puesto de ensamble y puesto de empaque. El proceso cuenta con varias etapas: alimentación, mecanizado, ensamble de piezas y empaque. Todas estas etapas se encuentran vinculadas entre sí por elementos de transporte. a continuación se describirá el diseño y montaje de la celda, así como también la experiencia adquirida durante su implementación.

Palabras Claves: Celdas de Manufactura, educación, automatización

1. INTRODUCCIÓN

Desde el advenimiento de la computadora personal (PC), su empleo ha provocado un fuerte impacto sobre el estudio de las técnicas de fabricación. De acuerdo a su aplicación en la industria se pueden considerar dos categorías: por un lado el trabajo de la computadora como soporte de diseño, Computer-Aided-Design (CAD); por otro, como soporte en la fabricación o manufactura, Computer-Aided-Manufacture (CAM). En los últimos años se ha observado una tendencia a la integración de CAD/CAM. El sistema de Computadora Integrada a la Manufactura (CIM), puede concebirse como una extensión del sistema CAD/CAM. Generalmente los sistemas CIM incluyen los siguientes ítems: planificación y diseño, CAD/CAM, sistema de manufactura flexible, robots industriales y almacenes automáticos [1,2]. Con la incorporación del Control Numérico Computarizado (CNC) a los centros de mecanizado en la década del 70, se abrió una nueva era en la manufactura flexible. En la industria, una o dos máquinas de CNC o equipamientos automáticos integrados con robots industriales forman una Celda de Manufactura Flexible (FMC). Si a esta celda se le adicionan vehículos autónomos, sistemas automáticos de almacenamiento y transporte, se obtiene un Sistema de Manufactura Flexible (FMS).

Durante el proceso de manufactura pueden observarse objetos de movimiento-medición, mecanizado-perforado y ensamblado. De acuerdo a estas características, aparte del subsistema de almacén automático, integradas a esta son diseñadas tres estaciones de trabajo, las cuales son: subsistema de red de comunicación, de monitoreo gráfico de datos y transporte. Estos subsistemas conforman el sistema CIM.

Dada la complejidad de los sistemas de producción actuales, la variedad de elementos que los componen y la rápida evolución durante los últimos años, las definiciones de CIM halladas en la literatura son variadas. En [3] se presenta el desarrollo de un CIM para uso en escuelas, universidades y centros de capacitación industriales. Este puede ser empleado para la capacitación en los diferentes principios involucrados en su implementación. En tal trabajo se concibe al CIM como la integración total de todos los elementos, datos y productos que forman parte de un proceso de manufactura. Una definición más precisa, tomada del citado trabajo considera que la implementación de un CIM es un proceso que evoluciona gradualmente y que usualmente comienza con la actualización de máquinas herramienta y el paso a CNC. La próxima etapa es la integración de máquinas con algún grado de automatización, lo que se conoce FMC. Posteriormente debe pensarse en la integración de celdas con equipos automáticos y redes de área local.

En general, los beneficios de la aplicación de CIM son:

- Mejoras en la calidad el producto.
- Reducción de costos de manufactura, directos e indirectos.
- Reducción de inventarios.

- Reducción de tiempos de ciclos.
- Versatilidad

La literatura ofrece un importante número de desarrollos de FMC con fines didácticos [4,5,6]. Generalmente, tales desarrollos pretenden servir como medio para la capacitación de operarios de fábricas y el entrenamiento de estudiantes universitarios.

El propósito del presente trabajo consiste en la descripción de la construcción de una FMC desde su etapa de proyecto hasta la puesta en funcionamiento en el laboratorio de automatización de la Facultad de Ingeniería de Olavarría. En la sección siguiente se describe el desarrollo de la celda y los distintos componentes que la conforman. En la sección III se presenta una discusión sobre el desarrollo del proyecto y las posibilidades que ofrece la celda en lo que se refiere a capacitación, investigación, etc. Finalmente, en la sección IV se presentan las conclusiones generales del trabajo.

2. PROYECTO Y DISEÑO DE LA CELDA

El proyecto de celda planteado, consiste en la integración de un robot industrial de seis grados de libertad, a un ambiente automatizado que comprende elementos de transferencia, ensamble y empaque de piezas. Este desarrollo abarca aspectos y conocimientos de distintas áreas, integrando disciplinas como la mecánica, la electrónica y los sistemas de comunicación y control de datos.

Se ha desarrollado y montado una celda que comprende líneas de producción equivalentes a las que habitualmente se encuentran en el ámbito industrial. En este caso, se ha considerado un equipo dedicado a alimentación de piezas, cintas de ingreso y egreso de tales piezas al área de acción del robot, un sector de ensamble y un equipo destinado al empaque de los productos terminados. Un robot industrial ABB modelo IRB 1400 actúa como elemento de vinculación e interacción con los distintos equipos.

Como complemento de esta celda de manufactura, en una segunda fase de desarrollo, se ha incorporado a la misma una máquina fresadora convencional, la cual ha sido reconvertida previamente a CNC mediante un proceso de *retrofitting* desarrollado por docentes, especialistas y alumnos del Area Mecánica de la Facultad de Ingeniería de Olavarría.

La incorporación de esta máquina herramienta, permite ampliar los alcances de las alternativas de trabajo en la mencionada celda ya que esta fresadora estará plenamente integrada a las distintas configuraciones de programación que se propongan.

Esta máquina herramienta de CNC ha sido dotada de módulos de entradas y salidas discretas, como así también de un sistema de sujeción automático de piezas, permitiendo de esta manera la interacción de la máquina con los demás componentes de la celda, por medio del mencionado robot.

Dentro de las distintas configuraciones posibles, la celda comprende cuatro etapas bien definidas de trabajo: alimentación, mecanizado, ensamble y embalaje de los productos terminados. En la figura 1 se presenta un diagrama de bloques del proceso.

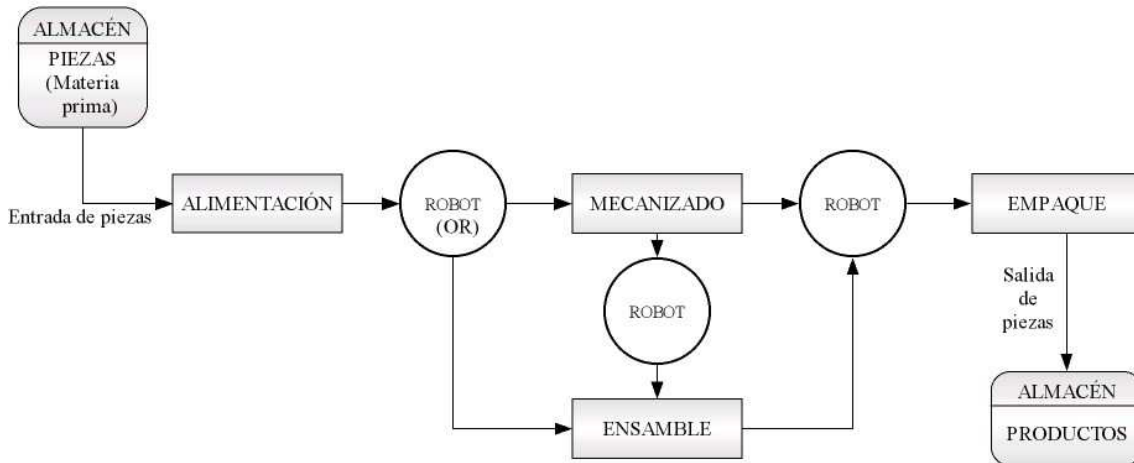


Figura 1 Diagrama de bloques del proceso.

La primer etapa comprende la alimentación de productos a una "cinta de ingreso" de las distintas piezas que van a formar parte de los productos finales. Esto se logra mediante la acción coordinada de cilindros neumáticos, que desplazan a las distintas piezas, dispuestas en sendos alimentadores.

En caso de que la configuración lo requiera, esta alternativa permite alimentar material en bruto, el que posteriormente es mecanizado en la Máquina Herramienta Fresadora CNC.

Los accionamientos de los cilindros de alimentación de piezas son comandados por electroválvulas, de este modo es posible su control a distancia por medio de un Controlador Lógico Programable (PLC). Por otra parte, el accionamiento de la "cinta de ingreso" se realiza mediante un motorreductor de corriente continua, esto permite cierta flexibilidad y sencillez en la regulación y control de la velocidad.

En la segunda etapa se realiza el mecanizado requerido. El robot toma el material en bruto en el fin de la cinta de alimentación y lo deposita en la mesa de trabajo de la Máquina Fresadora CNC. Mediante un sistema automático, compuesto por una mordaza accionada por un cilindro neumático, el material es sujetado. Dicho sistema de sujeción, cuenta además con un *encoder* lineal, mediante el cual se puede medir la apertura de la mordaza y seleccionar en función de ella el programa de mecanizado que será ejecutado. Previamente, la fresadora debe ser programada con una serie de rutinas de trabajo, una por cada pieza que deba ser mecanizada.

La tercera etapa, consiste en el ensamble de las partes que componen el producto final. El brazo robot, toma las distintas piezas desde el fin de la "cinta de ingreso" (o bien desde la mesa de trabajo de la fresadora, si se hubiese realizado un mecanizado) y las deposita en una de las posiciones programadas de la mesa giratoria. Seguidamente, el robot toma una segunda pieza y procede a realizar el ensamble correspondiente.

La mesa giratoria permitirá resolver en un futuro el ensamble en la misma línea, de productos distintos. Para ello se prevé la implementación de un sistema de detección e identificación de piezas por medio de imágenes. De esta manera se podrá identificar a cada una de las piezas que se hallan sobre la mesa y seleccionar la que debe ensamblarse. La mesa giratoria es accionada por un motor de corriente continua, controlado a lazo cerrado mediante un captor de posición angular incremental (*encoder*) y un PLC.

En la cuarta etapa se produce el embalaje y salida del producto terminado. El robot deposita las unidades ensambladas en una caja dispuesta en la estación de embalaje, completando de este modo una primer capa. Mediante un sistema de ventosas montado en un bastidor móvil y accionado por dos cilindro neumáticos, se toma una placa separadora y se la deposita sobre cada capa formada. Una vez completada la caja, un tercer cilindro neumático expulsa a la misma sobre la cinta de salida (ver figura 2).

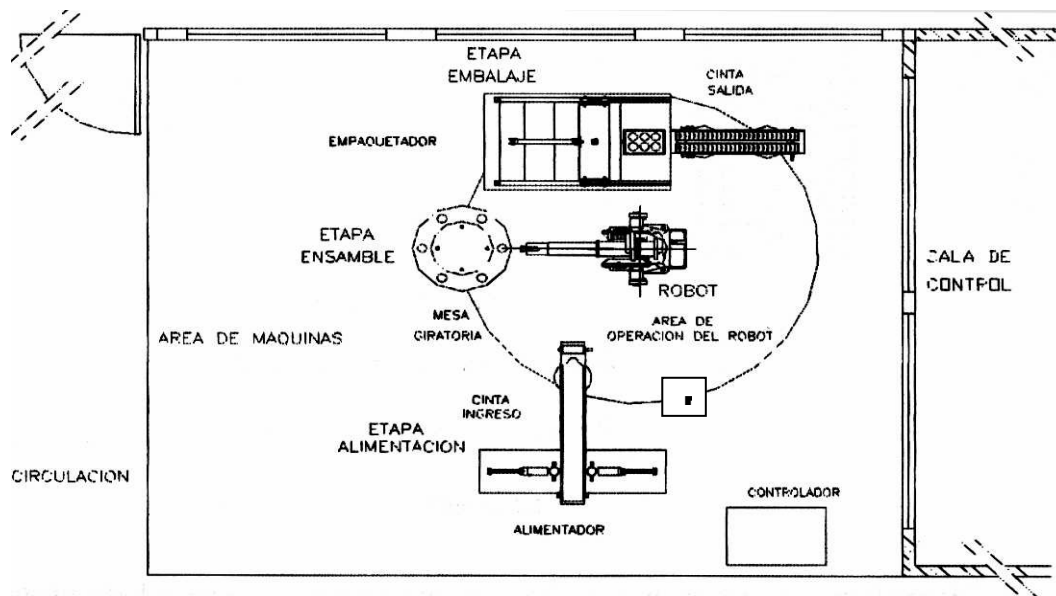


Figura 2 Celda - Componentes

Para la programación y control de la celda, se utilizan dos Controladores Programables marca Telemecanique (Twido), a los cuales se conectan las señales de entrada y salida correspondientes a las estaciones de alimentación, embalaje y control de la mesa giratoria. A su vez, para lograr la integración y comunicación de los distintos elementos que componen la celda, existen señales de intercambio de datos entre dichos controladores, y los PLC internos del robot y de la fresadora CNC.

La FMC desarrollada ofrece distintas alternativas de utilización y gran flexibilidad. Esto la hace ideal para capacitación, la programación de una secuencia de fabricación determinada exige el cumplimiento de los siguientes pasos: en primer lugar se debe seleccionar y disponer el medio de alimentación de los materiales que formarán parte del proceso. El traslado y manipulación de cada elemento, por su parte, es tarea del robot y requiere la programación de las secuencias necesarias para el movimiento y embalaje de cada componente. La fresadora, por su parte, deberá ser programada para el mecanizado de cada una de las piezas que conforman el producto final. En el último paso del proceso, el robot realiza el embalaje de 12 piezas ensambladas por caja.

3. DISCUSIÓN

En virtud de los adelantos tecnológicos incorporados en las industrias de la zona centro de la Provincia de Buenos Aires, se observó la necesidad de contar con un laboratorio de capacitación que incorporara disciplinas tales como la robótica, el mecanizado por CNC y las líneas de producción flexible entre otras. Se fijó como prioridad el carácter flexible del laboratorio y la adaptación a programas de entrenamiento en distintos niveles. Ante este requerimiento se evaluaron dos alternativas. Por un lado la adquisición de una FMC de uso únicamente didáctico y por otro el diseño y posterior construcción de una celda de características industriales. Se optó por la segunda alternativa por las siguientes razones: En principio, el diseño y construcción de la FMC constituyen una experiencia enriquecedora para los docentes y estudiantes que participaron del proyecto. En segundo lugar, la opción elegida permitió darle a la celda una mayor flexibilidad y la posibilidad de continuar su construcción en futuras etapas a través de la incorporación de nuevos elementos. La celda desarrollada, por otra parte, constituye una reproducción a pequeña escala de un proceso industrial con los mismos componentes que se emplean en tales casos, es decir tanto el brazo robot como la fresadora y los demás elementos de la celda son elementos de uso industrial. Por último, se destaca que el costo total de la segunda alternativa resultó menor al de la primera.

La celda desarrollada ofrece una gran versatilidad en cuanto al número de disciplinas en las que es posible brindar capacitación. Además de la programación de robots industriales y el empleo de máquinas herramientas con control numérico, la celda constituye una plataforma adecuada para la capacitación en neumática, control automático, control de accionamientos eléctricos, transporte mecánico y electrónica de potencia. Las propuestas didácticas que pueden implementarse en el laboratorio abarcan una amplia gama de niveles. En efecto, el laboratorio montado permite la capacitación de técnicos y operarios de establecimientos industriales, de estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica, Eléctrica, Mecánica, Industrial y afines, de graduados que persigan la formación continua o la actualización de sus conocimientos y de estudiantes de postgrado.

Se destaca por último, que la celda ha sido concebida de manera tal de permitir la incorporación de nuevos elementos. Los próximos pasos en su desarrollo son la incorporación de un sistema SCADA que permita supervisar el proceso de fabricación o seleccionar una rutina determinada y la incorporación de un sistema de reconocimiento de objetos por imágenes que haga más versátil aún el funcionamiento de la FMC.

4. CONCLUSIONES

La experiencia obtenida en el desarrollo de una FMC con fines didácticos y los resultados alcanzados en el proyecto generaron una experiencia valiosa para la formación de docentes y estudiantes que formaron parte del equipo de trabajo. La celda funciona en la actualidad tal como fue previsto, y se emplea en los cursos de grado como enseñanza y en el ofrecimiento de capacitación a empresas de la zona. Actualmente se trabaja en el desarrollo de nuevas opciones para mejorar y ampliar la operatividad de la celda.

5. REFERENCIAS

- [1] Yuann, Shyh-Shyong, "Concept of Computer Integrated Manufacturing System," Automatic Technology Magazine ,Taiwan Taipei, 45 vol. , 1987, 10
- [2] Lei, Shaw-Chern, "Computer integrated Manufacture System - CAD/CAM Application", Taiwan Taipei : Taiwan UNALIS Corporation, 1992, Ch 1, pp 2-3.
- [3] A computed integration manufacture system designed manufacture for education purpose.
- [4] Experiences with an educational model CIM
- [5] A modular re-configurable approach to the creation of flexible manufacturing cells for educational purposes.
- [6] A computed integrated manufacturing cell for use in education and training